

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11) 特許出願公開番号  
特開2002-359634  
(P2002-359634A)

(43) 公開日 平成14年12月13日 (2002. 12. 13)

(51) Int.Cl.<sup>7</sup>

H 0 4 L 12/56

識別記号

1 0 0

F I

H 0 4 L 12/56

テーマコード(参考)

1 0 0 C 5 K 0 3 0

審査請求 有 請求項の数 6 O L (全 9 頁)

(21) 出願番号 特願2001-165036(P2001-165036)

(22) 出願日 平成13年5月31日(2001. 5. 31)

(71) 出願人 000004237

日本電気株式会社  
東京都港区芝五丁目7番1号

(72) 発明者 白木 孝

東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株  
式会社内

(72) 発明者 斎藤 博幸

東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株  
式会社内

(74) 代理人 100088328

弁理士 金田 暢之 (外2名)

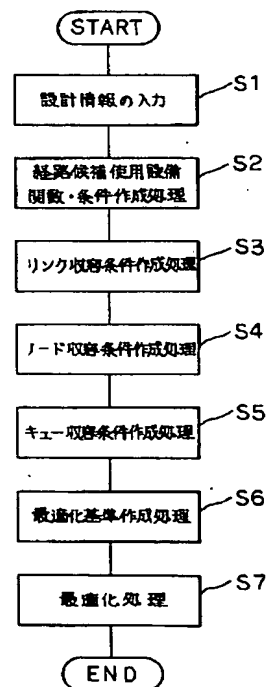
Fターム(参考) 5K030 HA08 KX29 LA03 LB06 LC01  
LC09 MB15

(54) 【発明の名称】 通信経路設計方法、通信経路設計装置及びプログラム

(57) 【要約】

【課題】 各サービスクラス毎の要求を満たしつつ、ネットワーク資源を効率よく利用することが可能な通信経路設計方法及び装置を提供する。

【解決手段】 サービスクラス毎に区別して収容可能な複数のノードと、各サービスクラスを収容する複数のリンクとを有するネットワークに通信経路を設計するための通信経路設計方法であって、トラフィックデマンドを満たす経路を選択するための制約条件をそれぞれ生成する経路候補使用設備関数・条件作成処理と、サービスクラスで共用するネットワーク資源に関する制約条件を生成する第1の収容条件作成処理と、サービスクラス毎に備えるネットワーク資源に関する制約条件を生成する第2の収容条件作成処理と、目的関数を生成する最適化基準作成処理と、上記制約条件及び目的関数を用いた数理解計画問題を解くことにより通信経路をそれぞれ選択・決定する最適化処理とをそれぞれ実行する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 異なる複数のサービスクラス毎のパケットをそれぞれ区別して収容可能な複数のノードと、前記サービスクラス毎のパケットをそれぞれ収容する、前記ノード間を接続する伝送路である複数のリンクと、を有するネットワークに、前記サービスクラス毎の通信経路を設計するための通信経路設計方法であって、前記通信経路に対する要求事項を含むトラフィックデマンドを満たす通信経路を選択するための制約条件となる制約式を生成する経路候補使用設備関数・条件作成処理と、前記複数のサービスクラスで共用する前記ネットワークの資源に基づく制約条件である制約式を生成する第1の収容条件作成処理と、前記複数のサービスクラス毎に備える前記ネットワークの資源に基づく制約条件である制約式を生成する第2の収容条件作成処理と、前記通信経路を選択する際の基準となる目的関数を生成する最適化基準作成処理と、前記経路候補使用設備関数・条件作成処理、前記第1の収容条件作成処理、及び前記第2の収容条件作成処理で生成された制約式、及び前記最適化基準作成処理で生成された前記目的関数からなる数理計画問題を解くことにより、前記通信経路を設計する最適化処理と、を実行する通信経路設計方法。

【請求項2】 前記第1の収容条件作成処理では、前記トラフィックデマンドで要求された総転送帯域が前記リンクの設備容量を越えないようにするための制約式を生成するリンク収容条件作成処理と、前記トラフィックデマンドで要求された総転送帯域が前記ノードの設備容量を越えないようにするための制約式を生成するノード収容条件作成処理と、をそれぞれ実行し、前記第2の収容条件作成処理では、前記ノードが前記サービスクラス毎にそれぞれ備えた、前記パケットのデータを一時的に保持するキューに予め設定された転送帯域に基づいて、前記トラフィックデマンドで要求された総転送帯域が前記キューの転送帯域を越えないようにするための制約式を生成するキュー収容条件作成処理を実行する請求項1記載の通信経路設計方法。

【請求項3】 異なる複数のサービスクラス毎のパケットをそれぞれ区別して収容可能な複数のノードと、前記サービスクラス毎のパケットをそれぞれ収容する、前記ノード間を接続する伝送路である複数のリンクと、を有するネットワークに、前記サービスクラス毎の通信経路を設計するための通信経路設計装置であって、前記通信経路に対する要求事項を含むトラフィックデマンドを満たす通信経路を選択するための制約条件となる制約式を生成する経路候補使用設備関数・条件作成処理

と、前記複数のサービスクラスで共用する前記ネットワークの資源に基づく制約条件である制約式を生成する第1の収容条件作成処理と、前記複数のサービスクラス毎に備える前記ネットワークの資源に基づく制約条件である制約式を生成する第2の収容条件作成処理と、前記通信経路を選択する際の基準となる目的関数を生成する最適化基準作成処理と、前記経路候補使用設備関数・条件作成処理、前記第1の収容条件作成処理、及び前記第2の収容条件作成処理で生成された制約式、及び前記最適化基準作成処理で生成された前記目的関数からなる数理計画問題を解くことにより、前記通信経路を設計する最適化処理とをそれぞれ実行する処理装置を有する通信経路設計装置。

【請求項4】 前記処理装置は、前記第1の収容条件作成処理では、前記トラフィックデマンドで要求された総転送帯域が前記リンクの設備容量を越えないようにするための制約式を生成するリンク収容条件作成処理と、前記トラフィックデマンドで要求された総転送帯域が前記ノードの設備容量を越えないようにするための制約式を生成するノード収容条件作成処理とをそれぞれ実行し、前記第2の収容条件作成処理では、前記ノードが前記サービスクラス毎にそれぞれ備えた、前記パケットのデータを一時的に保持するキューに予め設定された転送帯域に基づいて、前記トラフィックデマンドで要求された総転送帯域が前記キューの転送帯域を越えないようにするための制約式を生成するキュー収容条件作成処理を実行する請求項3記載の通信経路設計装置。

【請求項5】 異なる複数のサービスクラス毎のパケットをそれぞれ区別して収容可能な複数のノードと、前記サービスクラス毎のパケットをそれぞれ収容する、前記ノード間を接続する伝送路である複数のリンクと、を有するネットワークに、前記サービスクラス毎の通信経路を設計するコンピュータに実行させるためのプログラムであって、前記通信経路に対する要求事項を含むトラフィックデマンドを満たす通信経路を選択するための制約条件となる制約式を生成する経路候補使用設備関数・条件作成処理と、前記複数のサービスクラスで共用する前記ネットワークの資源に基づく制約条件である制約式を生成する第1の収容条件作成処理と、前記複数のサービスクラス毎に備える前記ネットワークの資源に基づく制約条件である制約式を生成する第2の収容条件作成処理と、前記通信経路を選択する際の基準となる目的関数を生成する最適化基準作成処理と、前記経路候補使用設備関数・条件作成処理、前記第1の収容条件作成処理、及び前記第2の収容条件作成処理で

生成された制約式、及び前記最適化基準作成処理で生成された前記目的関数からなる数理計画問題を解くことにより、前記通信経路を設計する最適化処理と、をコンピュータに実行させるためのプログラム。

【請求項6】 前記第1の収容条件作成処理では、前記トラフィックデマンドで要求された総転送帯域が前記リンクの設備容量を越えないようにするための制約式を生成するリンク収容条件作成処理と、前記トラフィックデマンドで要求された総転送帯域が前記ノードの設備容量を越えないようにするための制約式を生成するノード収容条件作成処理と、をそれぞれ実行させ、

前記第2の収容条件作成処理では、前記ノードが前記サービスクラス毎にそれぞれ備えた、前記パケットのデータを一時的に保持するキューに予め設定された転送帯域に基づいて、前記トラフィックデマンドで要求された総転送帯域が前記キューの転送帯域を越えないようにするための制約式を生成するキュー収容条件作成処理をコンピュータに実行させる請求項5記載のプログラム。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、異なるサービスクラスのパケットを収容する複数のリンク、及びサービスクラス毎に区別して収容可能な複数のノードを有するネットワークに、サービスクラス毎の通信経路を設計するための通信経路設計方法及び装置に関する。

【0002】

【従来の技術】 end-to-end通信におけるスループットやデータの遅延、信頼性等のサービス品質（QoS: Quality of Service）を制御するための仕組みとして、例えば、IETF（Internet Engineering Task Force）で標準化が進められているDiffServ（Differential Services）が知られている。

【0003】 DiffServは、ネットワークに流入するパケットの差別化を図るために用いられるものであり、各パケットには、その送信ユーザとネットワークを管理する管理者との間で契約されたSLA（Service Level Agreement）に基づき、サービスクラス（優先度）に応じた所定のコードポイント（Codepoint）が付与される。

【0004】 DiffServのコードポイントは、パケットの優先度を識別するためのものであり、EF（Expedited Forwarding）、AF（Assured Forwarding）1～4、BF（Best effort Forwarding）のクラスを示すビットパターンに設定される。ここで、EFクラスは優先度が最も高いクラスであり、音声データの転送や仮想IP専用線として用いられる。また、BFクラスは優先度が最も低いクラスであり、QoS保証されないBest Effort型のデータ転送に用いられる。

【0005】 AFクラスは、EFクラスとBFクラスの中間の4つの優先度（AF1、AF2、AF3、AF4）が設定されるクラスであり、例えば、AF1に最も高い優先度が設定され、AF2～4の順に優先度が低減される。

【0006】 また、インターネット等における送受信プロトコルには、TCP（Transmission Control Protocol）とUDP（User Datagram Protocol）とが知られている。

【0007】 TCPは、パケットを送信すると、それに対する送信先からの応答メッセージ（Acknowledgeメッセージ：送信許可）を待って次のパケットを送信するプロトコルであり、UDPは送信先からの応答を確認することなくパケットを送信先に対して送り続けるプロトコルである。上述した各サービスクラスはこれらTCPとUDPのパケットに対してもそれぞれ設定される。

【0008】 ところで、ネットワークを構成する任意のノードから他のノードへパケット等を送信する場合、所定のトラフィックデマンドに基づいて通信経路が設計される。トラフィックデマンドは、例えば、転送帯域、遅延時間、あるいはコスト等、上記SLAを保証しつつパケット等を転送するために、ネットワーク上に確保する通信経路に対する要求事項であり、通信経路設計装置は該トラフィックデマンドを満たすような通信経路を選択する。

【0009】 従来、所定の要求事項に基づいてネットワーク上に通信経路を設計する場合、例えば、特開平6-90235号公報、あるいは特開平9-83546号公報に記載された設計方法が用いられていた。

【0010】 しかしながら、これらの公報に記載された設計方法は、上述したサービスクラスを特に限定しない方法である。したがって、サービスクラス毎の経路設計に適用しようとする、各サービスクラスに要求される最も厳しい条件をそれぞれ満たすように設計するか、あるいはネットワークの構成要素であるリンクやノードを各サービスクラスに振り分けて設計する必要があった。

【0011】

【発明が解決しようとする課題】 上述したサービスクラスに要求される最も厳しい条件を満たすように通信経路を設計する方法では、一部のサービスクラスのトラフィックデマンドに対して過剰な品質を提供することになるため、ネットワークの資源を余計に消費する問題がある。

【0012】 また、サービスクラス毎にリンクやノードを振り分ける方法では、あるサービスクラスに割り当てた資源に余裕があったとしても他のサービスクラスに融通できないためにネットワーク資源を効率よく使うことができないという問題がある。

【0013】 本発明は上記したような従来の技術が有する問題点を解決するためになされたものであり、各サー

ビスクラス毎の要求を満たしつつ、ネットワーク資源を効率よく利用することが可能な通信経路設計方法及び装置を提供することを目的とする。

#### 【0014】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するため本発明の通信経路設計方法は、異なる複数のサービスクラス毎のパケットをそれぞれ区別して収容可能な複数のノードと、前記サービスクラス毎のパケットをそれぞれ収容する、前記ノード間を接続する伝送路である複数のリンクと、を有するネットワークに、前記サービスクラス毎の通信経路を設計するための通信経路設計方法であって、前記通信経路に対する要求事項を含むトラフィックデマンドを満たす通信経路を選択するための制約条件となる制約式を生成する経路候補使用設備関数・条件作成処理と、前記複数のサービスクラスで共用する前記ネットワークの資源に基づく制約条件である制約式を生成する第1の収容条件作成処理と、前記複数のサービスクラス毎に備える前記ネットワークの資源に基づく制約条件である制約式を生成する第2の収容条件作成処理と、前記通信経路を選択する際の基準となる目的関数を生成する最適化基準作成処理と、前記経路候補使用設備関数・条件作成処理、前記第1の収容条件作成処理、及び前記第2の収容条件作成処理で生成された制約式、及び前記最適化基準作成処理で生成された前記目的関数からなる数理計画問題を解くことにより、前記通信経路を設計する最適化処理と、を実行する方法である。

【0015】このとき、前記第1の収容条件作成処理では、前記トラフィックデマンドで要求された総転送帯域が前記リンクの設備容量を越えないようにするための制約式を生成するリンク収容条件作成処理と、前記トラフィックデマンドで要求された総転送帯域が前記ノードの設備容量を越えないようにするための制約式を生成するノード収容条件作成処理と、をそれぞれ実行し、前記第2の収容条件作成処理では、前記ノードが前記サービスクラス毎にそれぞれ備えた、前記パケットのデータを一時的に保持するキューに予め設定された転送帯域に基づいて、前記トラフィックデマンドで要求された総転送帯域が前記キューの転送帯域を越えないようにするための制約式を生成するキュー収容条件作成処理を実行してもよい。

【0016】一方、本発明の通信経路設計装置は、異なる複数のサービスクラス毎のパケットをそれぞれ区別して収容可能な複数のノードと、前記サービスクラス毎のパケットをそれぞれ収容する、前記ノード間を接続する伝送路である複数のリンクと、を有するネットワークに、前記サービスクラス毎の通信経路を設計するための通信経路設計装置であって、前記通信経路に対する要求事項を含むトラフィックデマンドを満たす通信経路を選択するための制約条件となる制約式を生成する経路候補使用設備関数・条件作成処理と、前記複数のサービス

ラスで共用する前記ネットワークの資源に基づく制約条件である制約式を生成する第1の収容条件作成処理と、前記複数のサービスクラス毎に備える前記ネットワークの資源に基づく制約条件である制約式を生成する第2の収容条件作成処理と、前記通信経路を選択する際の基準となる目的関数を生成する最適化基準作成処理と、前記経路候補使用設備関数・条件作成処理、前記第1の収容条件作成処理、及び前記第2の収容条件作成処理で生成された制約式、及び前記最適化基準作成処理で生成された前記目的関数からなる数理計画問題を解くことにより、前記通信経路を設計する最適化処理とをそれぞれ実行する処理装置を有する構成である。

【0017】このとき、前記処理装置は、前記第1の収容条件作成処理では、前記トラフィックデマンドで要求された総転送帯域が前記リンクの設備容量を越えないようにするための制約式を生成するリンク収容条件作成処理と、前記トラフィックデマンドで要求された総転送帯域が前記ノードの設備容量を越えないようにするための制約式を生成するノード収容条件作成処理とをそれぞれ実行し、前記第2の収容条件作成処理では、前記ノードが前記サービスクラス毎にそれぞれ備えた、前記パケットのデータを一時的に保持するキューに予め設定された転送帯域に基づいて、前記トラフィックデマンドで要求された総転送帯域が前記キューの転送帯域を越えないようにするための制約式を生成するキュー収容条件作成処理を実行してもよい。

【0018】（作用）上記のような通信経路設計方法及び装置では、トラフィックデマンドを満たす通信経路を選択するための制約条件となる制約式を生成する経路候補使用設備関数・条件作成処理と、複数のサービスクラスで共用するネットワークの資源に基づく制約条件である制約式を生成する第1の収容条件作成処理と、複数のサービスクラス毎に備えるネットワークの資源に基づく制約条件である制約式を生成する第2の収容条件作成処理と、通信経路を選択する際の基準となる目的関数を生成する最適化基準作成処理と、上記各種制約式及び目的関数からなる数理計画問題を解くことにより通信経路を設計する最適化処理とをそれぞれ実行することで、リンクやノードのネットワーク資源を共用しつつ、トラフィックデマンドを満たすサービスクラス毎の通信経路が選択される。

#### 【0019】

【発明の実施の形態】次に本発明について図面を参照して説明する。

【0020】まず、本発明の経路設計方法の対象となるネットワークの構成について図1及び図2を用いて説明する。

【0021】図1は本発明の通信経路設計方法の設計対象であるネットワークの一構成例を示すブロック図であり、図2は図1に示したノードが有するキューの構成を

示す模式図である。

【0022】図1に示すように、ネットワークは、ルータやスイッチ等から成る複数のノードNX（図1では、 $X=1\sim 5$ ）と、ノードNX間を接続し、双方向にパケット等を転送するための伝送路である複数のリンクLZ（図1では、 $Z=1\sim 7$ ）とを有する構成である。

【0023】図2に示すように、ノードNXには、サービスクラス毎のパケットデータを一時的に保持するFIFO（First In First Out）形式から成る複数のパケットバッファ（以下、キューと称す） $QX1\sim QX3$ （ $X$ はノード番号、 $X=1\sim 5$ ）をそれぞれ備えている。

【0024】ノードNXは、リンクLZを介して隣接ノードから到着したパケットを各サービスクラスに対応して設けられたキュー $QX1\sim QX3$ にそれぞれ一旦蓄積し、その後、宛先に応じて他のノードに転送する。

【0025】なお、図1では5台のノードNXが7本のリンクLZによって接続され、各ノードNXにそれぞれ3つのキュー $QX1\sim QX3$ をそれぞれ有する構成を示しているが、ノード、リンク、キューの数がこれらに限定されるものではなく、いくつであってもかまわない。

【0026】次に、本発明の通信経路設計装置の構成について図面を用いて説明する。

【0027】図3は本発明の通信経路設計装置の一構成例を示すブロック図である。

【0028】図3に示すように、本発明の通信経路設計装置は、ワークステーション・サーバコンピュータ等の情報処理装置であり、プログラムにしたがって所定の処理を実行する処理装置10と、処理装置10に対してコマンドや情報等を入力するための入力装置20と、処理装置10の処理結果をモニタするための出力装置30とを有する構成である。

【0029】処理装置10は、CPU11と、CPU11の処理に必要な情報を一時的に記憶する主記憶装置12と、CPU11に通信経路を設計させるための制御プログラムが記録された記録媒体13と、通信経路の設計に必要なデータが蓄積されるデータ蓄積装置14と、主記憶装置12、記録媒体13、及びデータ蓄積装置14とのデータ転送を制御するメモリ制御インタフェース部15と、入力装置20及び出力装置30とのインタフェース装置であるI/Oインタフェース部16とを備え、それらがバス18を介して接続された構成である。なお、通信経路設計装置がネットワークの構成要素であるノード等と接続されている場合は、該ノードとの通信を制御するためのインタフェースである通信制御装置を備えていてもよい。

【0030】処理装置10は、記録媒体13に記録された制御プログラムを読み込み、該制御プログラムにしたがって以下に記載する通信経路設計方法の処理を実行する。なお、記録媒体13は、磁気ディスク、半導体メモリ、光ディスクあるいはその他の記録媒体であってもよ

い。

【0031】通信経路設計装置のデータ蓄積装置14には、通信経路の設計に必要なデータとして、例えば、各ノードやリンクを識別するための情報、ネットワークの構成を示す情報、及び各リンクのメトリック値等が蓄積される。なお、メトリックとは通信経路を設計する際の指標であり、例えば、通信経路の遅延時間、ホップ数（経路上のノード数）、コスト、ネットワークの管理者等がリンクやノードに対して任意に設定する値である汎用メトリック等がある。

【0032】通信経路設計装置は、これらのデータと設計対象の通信経路に要求される性能（帯域、遅延、回線コスト等）とに基づき、トラフィックデマンドを満たす通信経路を選択するための数理計画問題を生成する。そして、該数理計画問題を解くことにより通信経路を選択・作成する。

【0033】次に、本発明の通信経路設計方法の処理手順について図4を用いて説明する。なお、以下では図1に示した構成のネットワークに通信経路を作成する場合で説明する。

【0034】図4は本発明の通信経路設計方法の手順を示すフローチャートである。

【0035】サービスクラス毎に通信経路を設計するためには、各サービスクラスで共用するネットワーク資源に関する制約条件と、サービスクラス毎に備えるネットワーク資源に関する制約条件とをそれぞれ設定する必要がある。共用するネットワーク資源とはリンクやノード等が該当し、リンクやノードに流入する全トラフィック量（パケット量）がその容量を越えないことが制約条件となる。一方、サービスクラス毎に備えるネットワーク資源とは各ノードがそれぞれのサービスクラスに対応して備えたキューが該当し、キューの処理能力（容量）を超えないことが制約条件となる。

【0036】本発明の通信経路設計装置では、これらの制約条件、及び通信経路を選択する際の基準となる目的関数をそれぞれ生成し、該制約条件及び目的関数からなる数理計画問題を解くことにより、予め与えられた経路候補の中からトラフィックデマンドを満たす所定の経路を選択する。

【0037】なお、ここでは通信経路設計装置に、予めリンクとノードの接続関係（ネットワークトポロジー）、各ノードが有するキュー構成、全てのリンクLZの容量 $C_L$ 、全てのノードNXの容量 $C_N$ 、全てのノードNXに含まれるサービスクラスYのパケットが蓄積されるキュー $QXY$ の容量 $C_{NY}$ 等、ネットワーク構成に関する情報が入力され、データ蓄積装置14に蓄積されているものとする。

【0038】図4に示すように、通信経路を設計する際、通信経路設計装置には、まずトラフィックデマンド群、経路候補、及び最適化基準等の設計情報がそれぞれ

入力される(ステップS1)。最適化基準には、通信経路の総遅延時間の最小化、最大ホップ数の最小化、コストの最小化、及び汎用メトリックの最小化等がある。本実施形態では、例えば、総遅延時間を最小化するための指示が入力されるものとする。また、経路候補としては、各トラフィックデマンドを満たす通信経路の候補集合が入力される。

$$d_i = (NX_{i1}, NX_{i2}, \text{width}(X_i), \text{service class}(X_i))$$

【0041】で表すものとする。また、トラフィックデマンド群はそれらの集合である

【0042】

【数2】

$$D = \{d_1, d_2, d_3, \dots, d_n\}$$

【0043】となる。

【0044】以上の各設計情報が入力されると、通信経路設計装置は、上述した各種制約条件及び目的関数を生成するために、経路候補使用設備関数・条件作成処理(ステップS2)、リンク収容条件作成処理(ステップS3)、ノード収容条件作成処理(ステップS4)、キュー収容条件作成処理(ステップS5)、及び最適化基準作成処理(ステップS6)をそれぞれ実行する。なお、これらの処理は任意の順に実行してもよく、同時に実行してもよい。

【0045】経路候補使用設備関数・条件作成処理は、入力された経路候補毎にリンク・ノード・キューの各設備を使用するか否かを示す関数と、経路候補からどの経路を採用するかを示す関数をそれぞれ定義し、それらの関数を用いて、各トラフィックデマンドを満たす経路を選択するための制約条件をそれぞれ生成する。

【0046】具体的には、リンクを使用するか否かを示す関数として、ある経路候補 $e_p$ がリンク $LZ$ を通過する時に「1」、通過しない時に「0」の値を持つ関数

【0047】

【数3】

$$\psi_p^{LZ}$$

【0048】を定義する。

【0049】また、ノードを使用するか否かを示す関数として、ある経路候補 $e_p$ がノード $NX$ を通過する時に「1」、通過しない時に「0」の値を持つ関数

【0050】

【数4】

$$\psi_p^{NX}$$

【0051】を定義する。

【0052】さらに、キューを使用するか否かを示す関数として、ある経路候補 $e_p$ がキュー $Q\pi$ を通過する時に「1」、通過しない時に「0」の値を持つ関数

\*【0039】また、トラフィックデマンドとしては、パケットをネットワーク内に収容する入口ノード、ネットワークから出力される出口ノード、要求する転送帯域、サービスクラス等から成る情報が入力される。ここで、 $i$ 番目のトラフィックデマンドは

【0040】

【数1】

【0053】

【数5】

$$\psi_p^{Q\pi}$$

【0054】を定義する。

【0055】そして、トラフィックデマンド毎に要求を満たす経路候補をそれぞれ選択するための制約条件をそれぞれ生成する。ここでは、トラフィックデマンド群に含まれる任意のトラフィックデマンド $d_n$ に対して経路候補 $e_p$ が解に含まれる時に「1」、含まれない時に「0」の値を持つ関数

【0056】

【数6】

$$\delta_p^n$$

【0057】を定義する。そして、トラフィックデマンド $d_n$ に対応する制約条件

【0058】

【数7】

$$\sum \{\delta_p^n | e_p \text{は} d_n \text{を満たす経路候補}\} = 1$$

【0059】を生成する。

【0060】リンク収容条件作成処理では、リンクの設備容量(処理能力)に基づいてリンクの制約条件を生成する。具体的には、トラフィックデマンドで要求される総転送帯域がリンクの設備容量を越えない制約条件

【0061】

【数8】

$$\sum_n \sum_p \delta_p^n \psi_p^{LZ} \text{width}(X_n) \leq C_{LZ}$$

【0062】を生成する。

【0063】ノード収容条件作成処理では、ノードの設備容量(処理能力)に基づいてノードの制約条件を生成する。具体的には、トラフィックデマンドで要求される総転送帯域がノードの設備容量を越えない制約条件

【0064】

【数9】

$$\sum_n \sum_p \delta_p^n \psi_p^{NX} \text{width}(X_n) \leq C_{NX}$$

【0065】を生成する。

【0066】キュー収容条件作成処理では、キューの設備容量（処理能力）に基づいてキューの制約条件を生成する。具体的には、トラフィックデマンドで要求される総転送帯域が予めキューに与えられた容量を越えない制約条件

【0067】

【数10】

$$\sum_n \sum_p \delta_p^n \psi_p^{QXY} \text{width}(X_n) \leq C_{QXY}$$

10

$$\text{Minimum} \quad \sum_n \sum_p \sum_Z \delta_p^n \psi_p^{LZ} T_{LZ} + \sum_n \sum_p \sum_{XY} \delta_p^n \psi_p^{QXY} T_{QXY}$$

【0071】となる。ここでは、トラフィックデマンド群に対応する全経路の遅延時間の合計を最小化する目的関数を生成しているが、各トラフィックデマンド毎に対応する経路の遅延時間をそれぞれ最小化する目的関数を生成してもよい。

【0072】各種制約条件及び目的関数の生成が終了した通信経路設計装置は、最適化処理として、これらの制約条件及び目的関数からなる数理計画問題を解くことにより、各トラフィックデマンド毎の通信経路をそれぞれ選択・決定する（ステップS7）。

【0073】なお、数理計画問題を解く際には、例えば、切除平面法や分岐限定法等の数理計画法（矢野監修、数学ハンドブック、森北出版）を用いて解けばよい。

【0074】また、最適化処理の結果、複数の経路が得られた場合は、それらの中から任意の経路を選択すればよい。一方、経路が得られない場合は、ネットワーク資源を変更して制約条件を変えなければ得られないため、通信経路設計装置は経路の作成不可メッセージを出力装置30等で表示する。

【0075】このように、ノード内の各キューについてサービスクラス毎に制約条件を作成し、リンクやノードについて各サービスクラスで共用するものとして制約条件を作成し、これらを含む数理計画問題を解いてトラフィックデマンドを満たす通信経路を選択・決定することで、サービスクラスに要求される最も厳しい条件を満たすように通信経路を設計する方法やサービスクラス毎にリンクやノードを振り分ける方法に比べて、ネットワーク資源を効率よく使用した通信経路を設計することができる。また、複数のトラフィックデマンドに対してそれぞれを満たす通信経路が同時に得られるため、複数のサービスクラスの通信経路の設計を同時に行うことができる。

【0076】なお、上記説明では、通信経路設計装置の処理装置10が、経路候補使用設備関数・条件作成処理、リンク収容条件作成処理、ノード収容条件作成処

\*【0068】を生成する。

【0069】最適化基準作成処理では、入力された最適化基準に基づいて目的関数を生成する。例えば、通信経路の総遅延時間を最小にする場合、目的関数は、各リンクLZにおける遅延時間 $T_{LZ}$ と、各キューにおける遅延時間 $T_{QXY}$ とをそれぞれ最小化する

【0070】

【数11】

理、キュー収容条件作成処理、最適化基準作成処理、及び最適化処理をそれぞれ実行する例で説明したが、通信経路設計装置は、これらの処理を各々が専用に実行する複数の処理手段を有する構成であってもよい。

【0077】

【実施例】次に本発明の実施例について説明する。

【0078】本実施例では、サービスクラス毎にリンク及びキューを振り分ける比較例（従来の技術に相当）と、リンクを各サービスクラスで共用する本発明の設計例について説明する。

【0079】なお、比較例及び設計例ではネットワークが共に図1に示した構成であり、サービスクラスとして2つのクラス（例えば、AF-UDP、AF-TCP：ここでは、AF1～4クラスに区別しない）が要求される場合で説明する。したがって、各ノードが有するキューの数はそれぞれ2となる。

【0080】また、説明を簡単にするため、各リンクLZ（Z=1～7）の容量を $C_L = 4$ とし、各ノードNX（X=1～5）の容量を $C_N = 10$ とする。さらに、キューの容量は各サービスクラスに1：1に分割されるものとする。すなわち、各キューの容量は $C_{QXY} = 5$ となる。

【0081】また、トラフィックデマンドとしては、以下のa～dに記載する4つが入力されるものとする。但し、カッコ内は（入口ノード、出口ノード、転送帯域（容量）、サービスクラス）とする。

【0082】a、トラフィックデマンド1（ノードN4、ノードN2、1、AF-UDP）

b、トラフィックデマンド2（ノードN5、ノードN1、2、AF-UDP）

c、トラフィックデマンド3（ノードN4、ノードN2、3、AF-TCP）

d、トラフィックデマンド4（ノードN4、ノードN2、2、AF-TCP）

（比較例）まず、サービスクラス毎にリンク及びキューを振り分ける比較例について説明する。

【0083】比較例では、各リンクLZをキューと同様に1:1に分割して使用する。その場合、各リンクの容量は $C_L = 2$ となる。

【0084】したがって、上記トラフィックデマンド3は要求される容量(転送帯域)が「3」であるため、比較例ではトラフィックデマンド3を満たす通信経路を得ることができないことが分かる。

$$\text{Minimum} \sum_n \sum_p \sum_Z \delta_p^n \psi_p^{LZ} T_{LZ} + \sum_n \sum_p \sum_{AY} \delta_p^n \psi_p^{QAY} T_{QAY}$$

【0088】となる。ここで、各リンクLZにおける遅延時間 $T_L = 100[\text{ms}]$ とし、各キューにおける遅延時間 $T_{QY} = 200[\text{ms}]$ とする。

【0089】設計例では、リンクLZが各サービスクラスで共用されるため、リンクの容量は $C_L = 4$ となる。したがって、上記a~dのトラフィックデマンドを満足する通信経路をそれぞれ得ることが可能であり、各トラフィックデマンドに対応する通信経路の遅延時間は、

トラフィックデマンド1の遅延時間 $= 200 \times 3 + 100 \times 2 = 800[\text{ms}]$

トラフィックデマンド2の遅延時間 $= 200 \times 2 + 100 \times 1 = 500[\text{ms}]$

トラフィックデマンド3の遅延時間 $= 200 \times 3 + 100 \times 2 = 800[\text{ms}]$

トラフィックデマンド4の遅延時間 $= 200 \times 3 + 100 \times 2 = 800[\text{ms}]$

となる。また、それらの合計時間は、 $800 + 500 + 800 + 800[\text{ms}] = 2.9[\text{s}]$ となる。この値は設計例における最適値であり、制約条件及び目的関数からなる数理計画問題の最適解の一つとなる。

【0090】

【発明の効果】本発明は以上説明したように構成されているので、以下に記載する効果を奏する。

【0091】トラフィックデマンドを満たす通信経路を選択するための制約条件となる制約式を生成する経路候補使用設備関数・条件作成処理と、複数のサービスクラスで共用するネットワークの資源に基づく制約条件である制約式を生成する第1の収容条件作成処理と、複数のサービスクラス毎に備えるネットワークの資源に基づく制約条件である制約式を生成する第2の収容条件作成処理と、通信経路を選択する際の基準となる目的関数を生成する最適化基準作成処理と、上記各種制約式及び目的関数からなる数理計画問題を解くことにより通信経路を設計する最適化処理とをそれぞれ実行することで、リンクやノードのネットワーク資源を共用しつつ、トラフィ

\*【0085】(設計例)次にリンクを各サービスクラスで共用する設計例について説明する。

【0086】なお、ここでは最適化基準として経路の総遅延時間の最小化を行うものとする。この場合、最適化基準作成処理で生成される目的関数は上記と同様に、

【0087】

【数12】

ックデマンドを満たすサービスクラス毎の通信経路が選択される。

【0092】したがって、サービスクラスに要求される最も厳しい条件を満たすように通信経路を設計する方法やサービスクラス毎にリンクやノードを振り分ける方法に比べて、ネットワーク資源を効率よく使用した通信経路を設計することができる。また、複数のトラフィックデマンドに対してそれぞれを満たす通信経路が同時に得られるため、複数のサービスクラスの通信経路の設計を同時に行うことができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の通信経路設計方法の設計対象であるネットワークの一構成例を示すブロック図である。

【図2】図1に示したノードが有するキューの構成を示す模式図である。

【図3】本発明の通信経路設計装置の一構成例を示すブロック図である。

【図4】本発明の通信経路設計方法の手順を示すフローチャートである。

【符号の説明】

10 処理装置

11 CPU

12 主記憶装置

13 記録媒体

14 データ蓄積装置

15 メモリ制御インタフェース部

16 I/Oインタフェース部

18 バス

20 入力装置

30 出力装置

L1~L7 リンク

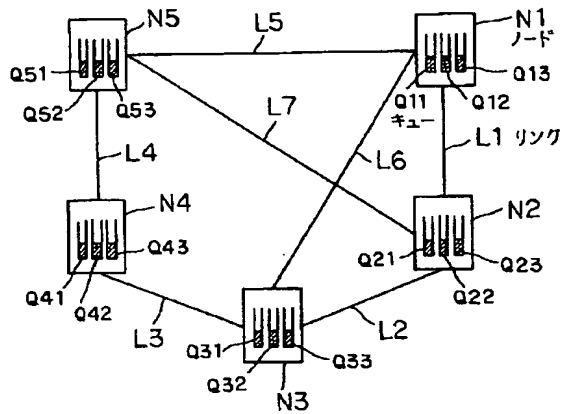
N1~N5 ノード

Q11~Q13、Q21~Q23、Q31~Q33、Q

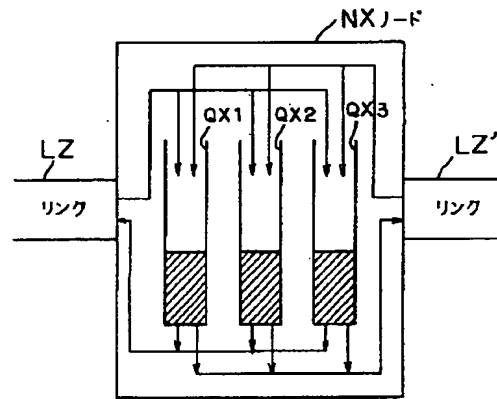
41~Q43、Q51~Q53 キュー



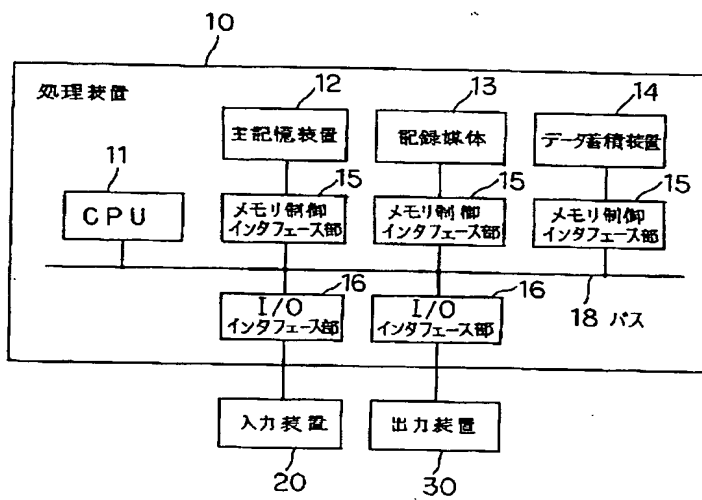
【図1】



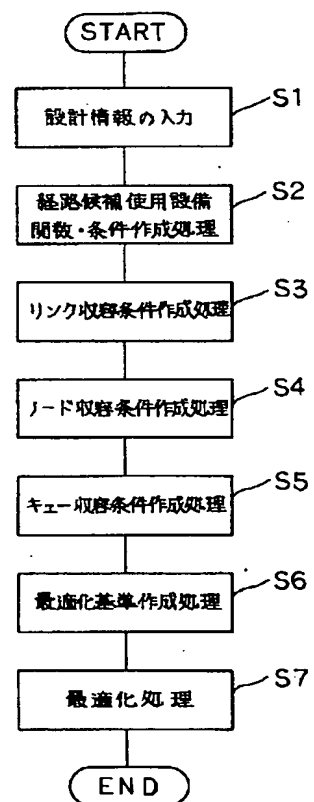
【図2】



【図3】



【図4】



# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-359634

(43)Date of publication of application : 13.12.2002

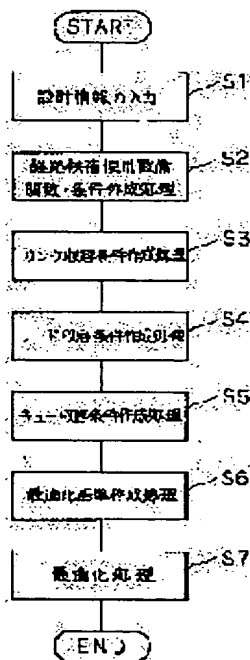
(51)Int.Cl.

H04L 12/56

(21)Application number : 2001-165036 (71)Applicant : NEC CORP

(22)Date of filing : 31.05.2001 (72)Inventor : SHIRAKI TAKASHI  
SAITO HIROYUKI

(54) METHOD AND DEVICE FOR DESIGNING COMMUNICATION PATH AND PROGRAM



(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a method and device for designing a communication path that can efficiently utilize network resources while satisfying requirements for each service class.

SOLUTION: This invention provides the method for designing a communication path to design a communication path in a network including; a plurality of nodes able to be contained separately by each service class; and a plurality of links containing each service class, and the method includes a path object use facility function/condition generating process step of respectively generating constrained

conditions to select paths satisfying a traffic demand, a 1st containing condition generating process step of generating constrained conditions associated with network resources shared by the service classes, a 2nd containing condition generating process step of generating constrained conditions associated with network resources provided to each service classes, an optimizing reference generating process step of generating an

object function, and an optimizing process step of selecting/deciding a communication path by solving a mathematical programming problem using the constrained conditions and the object function.

---

## CLAIMS

---

### [Claim(s)]

[Claim 1] The packet for two or more different classes of service of every is distinguished, respectively. Two or more nodes which can be held, Two or more links which are the transmission lines in which the packet for said every class of service is held, respectively, and which connect between said nodes, It is the communication-path design approach for designing the communication path for said every class of service to the network which \*\*\*\*. The path candidate use facility function and condition creation processing which generates the constraint equation used as the constraint for choosing the communication path with which a traffic demand including the requirement over said communication path is filled, The 1st hold condition creation processing which generates the constraint equation which is a constraint based on the resource of said network shared by said two or more classes of service, The 2nd hold condition creation processing which generates the constraint equation which is a constraint based on the resource of said network which it has for said two or more classes of service of every, The optimization-criterion creation processing which generates the performance index used as the criteria at the time of choosing said communication path, Said path candidate use facility function and condition creation processing, said 1st hold condition creation processing, And the communication-path design approach of performing optimization processing which designs said communication path by solving the mathematical plan problem which consists of a constraint equation generated by said 2nd hold condition creation processing, and said performance index generated by said optimization-criterion creation processing.

[Claim 2] The link hold condition creation processing which generates a constraint equation for the total transfer band demanded by said traffic demand not to exceed the installed capacity of said link in said 1st hold condition creation processing, The node hold condition creation processing which generates a constraint equation for the total transfer band demanded by said traffic demand not to exceed the installed capacity of said node, It each performs. In said 2nd hold condition creation processing It is based on the transfer band with which said node was equipped for said every class of service,

respectively and which was beforehand set as the queue which holds the data of said packet temporarily. The communication-path design approach according to claim 1 of performing queue hold condition creation processing which generates a constraint equation for the total transfer band demanded by said traffic demand not to cross the transfer band of said queue.

[Claim 3] The packet for two or more different classes of service of every is distinguished, respectively. Two or more nodes which can be held, Two or more links which are the transmission lines in which the packet for said every class of service is held, respectively, and which connect between said nodes, It is communication-path design equipment for designing the communication path for said every class of service to the network which \*\*\*\*. The path candidate use facility function and condition creation processing which generates the constraint equation used as the constraint for choosing the communication path with which a traffic demand including the requirement over said communication path is filled, The 1st hold condition creation processing which generates the constraint equation which is a constraint based on the resource of said network shared by said two or more classes of service, The 2nd hold condition creation processing which generates the constraint equation which is a constraint based on the resource of said network which it has for said two or more classes of service of every, The optimization-criterion creation processing which generates the performance index used as the criteria at the time of choosing said communication path, Said path candidate use facility function and condition creation processing, said 1st hold condition creation processing, And communication-path design equipment which has the processor which performs optimization processing which designs said communication path by solving the mathematical plan problem which consists of a constraint equation generated by said 2nd hold condition creation processing, and said performance index generated by said optimization-criterion creation processing, respectively.

[Claim 4] Said processor in said 1st hold condition creation processing The link hold condition creation processing which generates a constraint equation for the total transfer band demanded by said traffic demand not to exceed the installed capacity of said link, Node hold condition creation processing which generates a constraint equation for the total transfer band demanded by said traffic demand not to exceed the installed capacity of said node is performed, respectively. In said 2nd hold condition creation processing, said node had for said every class of service, respectively. It is based on the transfer band beforehand set as the queue which holds the data of said packet temporarily. Communication-path design equipment according to claim 3 which performs queue hold condition creation processing which generates a constraint

equation for the total transfer band demanded by said traffic demand not to cross the transfer band of said queue.

[Claim 5] The packet for two or more different classes of service of every is distinguished, respectively. Two or more nodes which can be held, Two or more links which are the transmission lines in which the packet for said every class of service is held, respectively, and which connect between said nodes, It is a program for performing the computer which designs the communication path for said every class of service to the network which \*\*\*\*. The path candidate use facility function and condition creation processing which generates the constraint equation used as the constraint for choosing the communication path with which a traffic demand including the requirement over said communication path is filled, The 1st hold condition creation processing which generates the constraint equation which is a constraint based on the resource of said network shared by said two or more classes of service, The 2nd hold condition creation processing which generates the constraint equation which is a constraint based on the resource of said network which it has for said two or more classes of service of every, The optimization-criterion creation processing which generates the performance index used as the criteria at the time of choosing said communication path, Said path candidate use facility function and condition creation processing, said 1st hold condition creation processing, And the program for making a computer perform optimization processing which designs said communication path by solving the mathematical plan problem which consists of a constraint equation generated by said 2nd hold condition creation processing, and said performance index generated by said optimization-criterion creation processing.

[Claim 6] The link hold condition creation processing which generates a constraint equation for the total transfer band demanded by said traffic demand not to exceed the installed capacity of said link in said 1st hold condition creation processing, The node hold condition creation processing which generates a constraint equation for the total transfer band demanded by said traffic demand not to exceed the installed capacity of said node, It is made to each perform. In said 2nd hold condition creation processing It is based on the transfer band with which said node was equipped for said every class of service, respectively and which was beforehand set as the queue which holds the data of said packet temporarily. The program according to claim 5 which makes a computer perform queue hold condition creation processing which generates a constraint equation for the total transfer band demanded by said traffic demand not to cross the transfer band of said queue.

## DETAILED DESCRIPTION

---

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention] This invention relates to the communication-path design approach and equipment for designing the communication path for every class of service to two or more links in which the packet of a different class of service is held, and the network which distinguishes for every class of service and has two or more nodes which can be held.

[0002]

[Description of the Prior Art] DiffServ (Differential Services) to which the standardization is advanced in IETF (Internet Engineering Task Force) is known as structure for controlling qualities of service (QoS:Quality of Service), such as delay of the throughput in an end-to-end communication link and data, and dependability.

[0003] It is used in order that DiffServ may attain differentiation of a packet which carries out outflow close to a network, and based on SLA (Service Level Agreement) a contract of was made between the sending user and the manager who manages a network, the predetermined code point (Codepoint) according to a class of service (priority) is given to each packet.

[0004] The code point of DiffServ is for identifying the priority of a packet, and is set as EF (Expedited Forwarding), AF (Assured Forwarding) 1-4, and the bit pattern in which BF's (Best effort Forwarding) class is shown. Here, a priority is the highest class and EF class is used as a transfer of voice data, or a virtual IP dedicated line. Moreover, a priority is the lowest class and BF class is used for the data transfer of a Best Effort mold by which a QoS guarantee is not offered.

[0005] AF class is a class to which four middle priorities (AF1, AF2, AF3, AF4) of EF class and BF class are set, for example, the highest priority is set as AF1, and a priority is reduced in order of AF 2-4.

[0006] Moreover, TCP (Transmission Control Protocol) and UDP (User Datagram Protocol) are known by the transceiver protocol in the Internet etc.

[0007] When TCP transmits a packet, it is the protocol which waits for the response message (Acknowledge message: transmitting authorization) from the transmission place to it, and transmits the following packet, and UDP is a protocol which continues sending a packet to a transmission place, without checking the response from a transmission place. Each class of service mentioned above is set up also to the packet of these TCP and UDP, respectively.

[0008] By the way, when transmitting a packet etc. to other nodes from the node of the arbitration which constitutes a network, a communication path is designed based on a predetermined traffic demand. In order that a traffic demand may transmit a packet etc., for example, a transfer band, a time delay, or cost guaranteeing Above SLA, it is a requirement over the communication path secured on a network, and communication-path design equipment chooses a communication path with which this traffic demand is filled.

[0009] Conventionally, when a communication path was designed on a network based on a predetermined requirement, the design approach indicated by JP,6-90235,A or JP,9-83546,A was used.

[0010] However, the design approach indicated by these official reports is an approach which does not limit especially the class of service mentioned above. Therefore, when it was going to apply to the path design for every class of service, it designed so that the severest conditions required of each class of service might be fulfilled, respectively, or the link and node which are a network component needed to be distributed to each class of service, and needed to be designed.

[0011]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] Since superfluous quality will be offered to the traffic demand of some classes of service by the approach of designing a communication path so that the severest conditions required of the class of service mentioned above may be fulfilled, there is a problem which consumes a network resource too many.

[0012] Moreover, by the approach of distributing a link and a node for every class of service, since other classes of service cannot be accommodated even if allowances are in the resource assigned to a certain class of service, there is a problem that a network resource cannot be used efficiently.

[0013] It aims at offering the communication-path design approach and equipment which can use a network resource efficiently, filling [ are made in order that this invention may solve the trouble which a Prior art which was described above has, and ] the demand for every class of service.

[0014]

[Means for Solving the Problem] In order to attain the above-mentioned purpose the communication-path design approach of this invention The packet for two or more different classes of service of every is distinguished, respectively. Two or more nodes which can be held, Two or more links which are the transmission lines in which the packet for said every class of service is held, respectively, and which connect between

said nodes, It is the communication-path design approach for designing the communication path for said every class of service to the network which \*\*\*\*. The path candidate use facility function and condition creation processing which generates the constraint equation used as the constraint for choosing the communication path with which a traffic demand including the requirement over said communication path is filled, The 1st hold condition creation processing which generates the constraint equation which is a constraint based on the resource of said network shared by said two or more classes of service, The 2nd hold condition creation processing which generates the constraint equation which is a constraint based on the resource of said network which it has for said two or more classes of service of every, The optimization-criterion creation processing which generates the performance index used as the criteria at the time of choosing said communication path, Said path candidate use facility function and condition creation processing, said 1st hold condition creation processing, And it is the approach of performing optimization processing which designs said communication path, by solving the mathematical plan problem which consists of a constraint equation generated by said 2nd hold condition creation processing, and said performance index generated by said optimization-criterion creation processing.

[0015] At this time, in said 1st hold condition creation processing The link hold condition creation processing which generates a constraint equation for the total transfer band demanded by said traffic demand not to exceed the installed capacity of said link, The node hold condition creation processing which generates a constraint equation for the total transfer band demanded by said traffic demand not to exceed the installed capacity of said node, It each performs. In said 2nd hold condition creation processing It is based on the transfer band with which said node was equipped for said every class of service, respectively and which was beforehand set as the queue which holds the data of said packet temporarily. Queue hold condition creation processing which generates a constraint equation for the total transfer band demanded by said traffic demand not to cross the transfer band of said queue may be performed.

[0016] On the other hand, the communication-path design equipment of this invention distinguishes the packet for two or more different classes of service of every, respectively. Two or more nodes which can be held, Two or more links which are the transmission lines in which the packet for said every class of service is held, respectively, and which connect between said nodes, It is communication-path design equipment for designing the communication path for said every class of service to the network which \*\*\*\*. The path candidate use facility function and condition creation processing which generates the constraint equation used as the constraint for choosing the communication path



with which a traffic demand including the requirement over said communication path is filled, The 1st hold condition creation processing which generates the constraint equation which is a constraint based on the resource of said network shared by said two or more classes of service, The 2nd hold condition creation processing which generates the constraint equation which is a constraint based on the resource of said network which it has for said two or more classes of service of every, The optimization-criterion creation processing which generates the performance index used as the criteria at the time of choosing said communication path, Said path candidate use facility function and condition creation processing, said 1st hold condition creation processing, And it is the configuration of having the processor which performs optimization processing which designs said communication path, respectively, by solving the mathematical plan problem which consists of a constraint equation generated by said 2nd hold condition creation processing, and said performance index generated by said optimization-criterion creation processing.

[0017] At this time, said processor in said 1st hold condition creation processing The link hold condition creation processing which generates a constraint equation for the total transfer band demanded by said traffic demand not to exceed the installed capacity of said link, Node hold condition creation processing which generates a constraint equation for the total transfer band demanded by said traffic demand not to exceed the installed capacity of said node is performed, respectively. In said 2nd hold condition creation processing, said node had for said every class of service, respectively. Queue hold condition creation processing which generates a constraint equation for the total transfer band demanded by said traffic demand not to cross the transfer band of said queue based on the transfer band beforehand set as the queue which holds the data of said packet temporarily may be performed.

[0018] (Operation) With the above communication-path design approaches and equipment The path candidate use facility function and condition creation processing which generates the constraint equation used as the constraint for choosing the communication path with which a traffic demand is filled, The 1st hold condition creation processing which generates the constraint equation which is a constraint based on the resource of the network shared by two or more classes of service, The 2nd hold condition creation processing which generates the constraint equation which is a constraint based on the resource of the network which it has for two or more classes of service of every, The optimization-criterion creation processing which generates the performance index used as the criteria at the time of choosing a communication path, and the optimization processing which designs a communication path by solving the

mathematical plan problem which consists of the various above-mentioned constraint equations and a performance index by performing, respectively The communication path for every class of service which fills a traffic demand is chosen sharing the network resource of a link or a node.

[0019]

[Embodiment of the Invention] Next, this invention is explained with reference to a drawing.

[0020] First, the configuration of the network set as the object of the path design approach of this invention is explained using drawing 1 and drawing 2.

[0021] Drawing 1 is the block diagram showing the example of 1 configuration of the network which is the candidate for a design of the communication-path design approach of this invention, and drawing 2 is the mimetic diagram showing the configuration of the queue which the node shown in drawing 1 has.

[0022] As shown in drawing 1, a network is the configuration of having two or more nodes NX (drawing 1 X= 1-5) which consist of a router, a switch, etc., and two or more links LZ (drawing 1 Z= 1-7) which are the transmission lines for connecting between Nodes NX and transmitting a packet etc. bidirectionally.

[0023] As shown in drawing 2, Node NX is equipped with two or more packet buffers (a queue is called hereafter) QX1-QX3 (X is a node number and X=1-5) which consist of the FIFO (First In First Out) format of holding temporarily the packet data for every class of service, respectively.

[0024] Node NX is once accumulated in the queues QX1-QX3 in which the packet which arrived from the adjacent node through Link LZ was prepared corresponding to each class of service, respectively, and is transmitted to other nodes after that according to the destination.

[0025] In addition, although drawing 1 shows the configuration in which the link LZ of seven connects with and five sets of Nodes NX have three queues QX1-QX3 in each node NX, respectively, the number of a node, a link, and queues may not be limited to these, and may be how many.

[0026] Next, the configuration of the communication-path design equipment of this invention is explained using a drawing.

[0027] Drawing 3 is the block diagram showing the example of 1 configuration of the communication-path design equipment of this invention.

[0028] As shown in drawing 3, the communication-path design equipment of this invention is information processors, such as a workstation server computer, and is the configurations of having the processor 10 which performs predetermined processing

according to a program, the input unit 20 for inputting a command, information, etc. to a processor 10, and the output unit 30 for carrying out the monitor of the processing result of a processor 10.

[0029] The main storage 12 which memorizes temporarily the information which a processor 10 needs for processing of CPU11 and CPU11, The record medium 13 with which the control program for making a communication path design was recorded on CPU11, The data accumulation equipment 14 with which data required for the design of a communication path are stored, Main storage 12, a record medium 13, and the memory control-interface section 15 that controls data transfer with data accumulation equipment 14, It is the configuration that had the I/O-interface section 16 which is an interface device with an input unit 20 and an output unit 30, and they were connected through the bus 18. In addition, when communication-path design equipment is connected with the node which is a network component, you may have the communication controller which is an interface for controlling the communication link with this node.

[0030] A processor 10 reads the control program recorded on the record medium 13, and performs processing of the communication-path design approach indicated below according to this control program. In addition, a record medium 13 may be a magnetic disk, semiconductor memory, an optical disk, or other record media.

[0031] The information for identifying for example, each node and a link, the information which shows a network configuration, the metric value of each link, etc. are accumulated in the data accumulation equipment 14 of communication-path design equipment as data required for the design of a communication path. In addition, there is general-purpose metric one which metric one is an index at the time of designing a communication path, for example, is the value which the manager of the time delay of a communication path, the number of hop (the number of nodes on a path), cost, and a network etc. sets as arbitration to a link or a node.

[0032] Communication-path design equipment generates the mathematical plan problem for choosing the communication path with which a traffic demand is filled based on the engine performance (a band, delay, circuit cost, etc.) required of the communication path of these for data and for a design. And a communication path is chosen and created by solving this mathematical plan problem.

[0033] Next, the procedure of the communication-path design approach of this invention is explained using drawing 4 . In addition, it explains below by the case where a communication path is created in the network of a configuration of having been shown in drawing 1 .

[0034] Drawing 4 is a flow chart which shows the procedure of the communication-path design approach of this invention.

[0035] In order to design a communication path for every class of service, it is necessary to set up the constraint about the network resource shared by each class of service, and the constraint about the network resource which it has for every class of service, respectively. A link, a node, etc. correspond and that the total amount of traffic (the amount of packets) which flows into a link or a node does not exceed the capacity becomes the network resource to share with a constraint. The queue with which each node, on the other hand, equipped each class of service corresponding to the network resource which it has for every class of service corresponds, and it becomes a constraint not to exceed the throughput (capacity) of a queue.

[0036] With the communication-path design equipment of this invention, the predetermined path of filling a traffic demand is chosen from the path candidates given beforehand by generating the performance index used as the criteria at the time of choosing these constraints and a communication path, respectively, and solving the mathematical plan problem which consists of this constraint and a performance index.

[0037] In addition, the information about network configuration, such as the capacity CLZ of a link, and the connection relation (network topology) of a node, the queue configuration which each node has and all the links LZ, the capacity CNX of all the nodes NX, and the capacity CQXY of the queue QXY with which the packet of the class of service Y contained in all the nodes NX is accumulated, shall be beforehand inputted into communication-path design equipment, and it shall be accumulated in data accumulation equipment 14 here.

[0038] As shown in drawing 4 , in case a communication path is designed, design information, such as a traffic demand group, a path candidate, and an optimization criterion, is first inputted into communication-path design equipment, respectively (step S1). An optimization criterion has minimization of the total time delay of a communication path, minimization of the number of the maximum hop, minimization of cost, general-purpose metric minimization, etc. With this operation gestalt, the directions for minimizing the total time delay shall be inputted, for example. Moreover, as a path candidate, the candidate set of a communication path which fills each traffic demand is inputted.

[0039] Moreover, the information which consists of the inlet-port node which holds a packet in a network, the outlet node outputted from a network, the transfer band to demand, a class of service, etc. as a traffic demand is inputted. Here, the i-th traffic demand is [0040].

[Equation 1]

$$d_i = (NX_{i1}, NX_{i2}, width(X_i), service\ class(X_i))$$

[0041] It shall come out and express. Moreover, a traffic demand group is [0042] which is those sets.

[Equation 2]

$$D = \{d_1, d_2, d_3, \dots, d_n\}$$

[0043] It becomes.

[0044] If each above design information is inputted, communication path design equipment will perform a path candidate use facility function and condition creation processing (step S2), link hold condition creation processing (step S3), node hold condition creation processing (step S4), queue hold condition creation processing (step S5), and optimization criterion creation processing (step S6), respectively, in order to generate the various constraints and the performance index which were mentioned above. In addition, these processings may be performed in order of arbitration, and may be performed to coincidence.

[0045] A path candidate use facility function and condition creation processing define the function which shows whether each facility of a link node queue is used for every inputted path candidate, and the function which shows which path is adopted from a path candidate, respectively, and generates the constraint for choosing the path with which each traffic demand is filled using those functions, respectively.

[0046] It is the function [0047] which has "1" as a function which specifically shows whether a link is used or not when a certain path candidate ep passes through Link LZ, and has the value of "0" when not passing.

[Equation 3]

$$\psi_p^{LZ}$$

[0048] A definition is given.

[0049] Moreover, the function which has "1" as a function which shows whether a node is used or not when a certain path candidate ep passes Node NX, and has the value of "0" when not passing [0050]

[Equation 4]

$$\psi_p^{NX}$$

[0051] A definition is given.

[0052] Furthermore, the function which has "1" as a function which shows whether a queue is used or not when a certain path candidate ep passes Queue QXY, and has the value of "0" when not passing [0053]

[Equation 5]

[0054] A definition is given.

[0055] And the constraint for choosing the path candidate who fills a demand for every traffic demand, respectively is generated, respectively. The function which has "1" when the path candidate ep is here contained in a solution to the traffic demand dn of the arbitration contained in a traffic demand group, and has the value of "0" when not contained [0056]

[Equation 6]

[0057] A definition is given. And the constraint corresponding to the traffic demand dn [0058]

[Equation 7]

[0059] It generates.

[0060] In link hold condition creation processing, the constraint of a link is generated based on the installed capacity (throughput) of a link. It is the constraint [0061] to which the total transfer band demanded by the traffic demand does not specifically exceed the installed capacity of a link.

[Equation 8]

[0062] It generates.

[0063] In node hold condition creation processing, the constraint of a node is generated based on the installed capacity (throughput) of a node. It is the constraint [0064] to which the total transfer band demanded by the traffic demand does not specifically

exceed the installed capacity of a node.

[Equation 9]

[0065] It generates.

[0066] In queue hold condition creation processing, the constraint of a queue is generated based on the installed capacity (throughput) of a queue. It is the constraint [0067] to which the total transfer band demanded by the traffic demand does not specifically exceed the capacity beforehand given to the queue.

[Equation 10]

[0068] It generates.

[0069] In optimization-criterion creation processing, a performance index is generated based on the inputted optimization criterion. For example, it is [0070] which minimizes the time delay [ in / when making the total time delay of a communication path into min / in a performance index / each link LZ ] TLZ, and the time delay TQXY in each queue, respectively.

[Equation 11]

[0071] It becomes. Although the performance index which minimizes the sum total of the time delay of all the paths corresponding to a traffic demand group is generated here, the performance index which minimizes the time delay of the path which corresponds for every traffic demand, respectively may be generated.

[0072] The communication-path design equipment which generation of various constraints and a performance index ended chooses and determines the communication path for every traffic demand, respectively by solving the mathematical plan problem which consists of these constraints and performance indices as optimization processing (step S7).

[0073] In addition, what is necessary is just to solve using mathematical programming (the Yano editorial supervision, a mathematics handbook, Morikita Shuppan), such as cut methods and a branch and bound, in case a mathematical plan problem is solved.

[0074] Moreover, what is necessary is just to choose the path of arbitration from them, when two or more paths are acquired as a result of optimization processing. On the other hand, since it is not obtained if a network resource is changed and a constraint is not changed when a path is not acquired, communication-path design equipment displays the creation improper message of a path in output unit 30 grade.

[0075] Thus, a constraint is created for every class of service about each queue in a node. The communication path with which a constraint is created as what is shared by each class of service about a link or a node, the mathematical plan problem containing these is solved, and a traffic demand is filled by choosing and determining. Compared with the approach of designing a communication path so that the severest conditions required of a class of service may be fulfilled, or the method of distributing a link and a node for every class of service, the communication path which used the network resource efficiently can be designed. Moreover, since the communication path with which each is filled to two or more traffic demands is acquired by coincidence, the communication path of two or more classes of service can be designed to coincidence.

[0076] In addition, although the example perform, respectively explained a path candidate use facility function and condition creation processing, link hold condition creation processing, node hold condition creation processing, queue hold condition creation processing, optimization-criterion creation processing, and optimization processing in the processor 10 of communication-path design equipment by the above-mentioned explanation, communication-path design equipment may be the configuration of having two or more processing means to by which each performs these processings to dedication.

[0077]

[Example] Next, the example of this invention is explained.

[0078] This example explains the example of a comparison (equivalent to a Prior art) which distributes a link and a queue for every class of service, and the example of a design of this invention which shares a link by each class of service.

[0079] In addition, in both the example of a comparison, and the example of a design, a network is the configuration shown in drawing 1, and it explains by the case where two classes (for example, AF-UDP, AF-TCP: here, don't distinguish in one to AF4 class) are required as a class of service. Therefore, the number of the queues which each node has is set to 2, respectively.

[0080] Moreover, in order to simplify explanation, capacity of each link LZ ( $Z=1\sim7$ ) is set to  $CLZ=4$ , and capacity of each node NX ( $X=1\sim5$ ) is set to  $CNX=10$ . Furthermore, the capacity of a queue shall be divided into each class of service 1:1. That is, the capacity of



each queue is set to  $CQXY=5$ .

[0081] Moreover, as a traffic demand, four indicated to the following a-d shall be inputted. However, let the inside of a parenthesis be (an inlet-port node, an outlet node, a transfer band (capacity), and a class of service).

[0082] a, the traffic demand 1 (a node N4, a node 2 and N 1, AF-UDP)

b, the traffic demand 2 (a node N5, a node 1 and N 2, AF-UDP)

c, the traffic demand 3 (a node N4, a node 2 and N 3, AF-TCP)

d, the traffic demand 4 (a node N4, a node 2 and N 2, AF-TCP)

(Example of a comparison) The example of a comparison which distributes a link and a queue for every class of service is explained first.

[0083] In the example of a comparison, it is used like a queue, dividing each link LZ into 1:1. In that case, the capacity of each link is set to  $CLZ=2$ .

[0084] Therefore, it turns out that the above-mentioned traffic demand 3 cannot acquire the communication path which fills the traffic demand 3 with the example of a comparison since the capacity (transfer band) demanded is "3."

[0085] (Example of a design) The example of a design which shares a link by each class of service next is explained.

[0086] In addition, the total time delay of a path shall be minimized as an optimization criterion here. In this case, the performance index generated by optimization-criterion creation processing is [0087] like the above.

[Equation 12]

[0088] It becomes. It considers as time delay  $TLZ=100[ms]$  in each link LZ here, and considers as time delay  $TQXY=200[ms]$  in each queue.

[0089] In the example of a design, since Link LZ is shared by each class of service, the capacity of a link is set to  $CLZ=4$ . Therefore, the time delay of the communication path corresponding to [ it is possible to acquire the communication path with which are satisfied of the traffic demand of above-mentioned a-d, respectively, and ] each traffic demand The time delay of the time delay  $=200 \times 3 + 100 \times 2 = 800[ms]$  traffic demand 2 of the traffic demand 1  $= 200 \times 2 + 100 \times 1 = 500 [ms]$  TORA The time delay of the FIKKU demand 3  $=$  it becomes time delay  $=200 \times 3 + 100 \times 2 = 800[ms]$  of the  $200 \times 3 + 100 \times 2 = 800[ms]$  traffic demand 4. Moreover, those sum total time amount becomes  $800 + 500 + 800 + 800[ms] = 2.9[s]$ . This value is an optimum value in the example of a design, and is set to one of the optimum solutions of the mathematical plan problem

which consists of a constraint and a performance index.

[0090]

[Effect of the Invention] Since this invention is constituted as explained above, the effectiveness indicated below is done so.

[0091] The path candidate use facility function and condition creation processing which generates the constraint equation used as the constraint for choosing the communication path with which a traffic demand is filled, The 1st hold condition creation processing which generates the constraint equation which is a constraint based on the resource of the network shared by two or more classes of service, The 2nd hold condition creation processing which generates the constraint equation which is a constraint based on the resource of the network which it has for two or more classes of service of every, The optimization-criterion creation processing which generates the performance index used as the criteria at the time of choosing a communication path, and the optimization processing which designs a communication path by solving the mathematical plan problem which consists of the various above-mentioned constraint equations and a performance index by performing, respectively The communication path for every class of service which fills a traffic demand is chosen sharing the network resource of a link or a node.

[0092] Therefore, compared with the approach of designing a communication path so that the severest conditions required of a class of service may be fulfilled, or the method of distributing a link and a node for every class of service, the communication path which used the network resource efficiently can be designed. Moreover, since the communication path with which each is filled to two or more traffic demands is acquired by coincidence, the communication path of two or more classes of service can be designed to coincidence.

---

## DESCRIPTION OF DRAWINGS

---

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] It is the block diagram showing the example of 1 configuration of the network which is the candidate for a design of the communication-path design approach of this invention.

[Drawing 2] It is the mimetic diagram showing the configuration of the queue which the node shown in drawing 1 has.

[Drawing 3] It is the block diagram showing the example of 1 configuration of the

communication path design equipment of this invention.

[Drawing 4] It is the flow chart which shows the procedure of the communication path design approach of this invention.

[Description of Notations]

10 Processor

11 CPU

12 Main Storage

13 Record Medium

14 Data Accumulation Equipment

15 Memory Control-Interface Section

16 I/O-Interface Section

18 Bus

20 Input Unit

30 Output Unit

L1-L7 Link

N1-N5 Node

Q11-Q13, Q21-Q23, Q31-Q33, Q41-Q43, Q51-Q53 Queue

---

**\* NOTICES \***

JPO and NCIPJ are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.

3.In the drawings, any words are not translated.